

# ***CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA DE MEZCLAS BITUMINOSAS CON POLVO DE CAUCHO. CORRELACIÓN CON TEXTURA***

S. E. Paje, M. Bueno y F. Terán  
Laboratorio de Acústica Aplicada a la Ingeniería Civil (LA<sup>2</sup>IC),  
Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM)  
13071 Ciudad Real, España  
la2ic@uclm.es

R. Miró, F. Pérez-Jiménez y A. H. Martínez  
Laboratorio de Caminos, Dpto. de Infraestructuras del Transporte y del Territorio,  
Universidad Politécnica de Cataluña (UPC),  
8034 Barcelona, España  
r.miro@upc.edu

## **Resumen**

El objeto de este trabajo ha sido caracterizar el comportamiento acústico in situ de mezclas bituminosas que contienen polvo de caucho procedente de neumáticos fuera de uso incorporadas por diferentes métodos. Las mezclas han sido extendidas en diversos tramos de ensayo experimentales de 200 m de longitud en la carretera B-140 en Barcelona. Los tramos experimentales han sido pavimentados con una capa de rodadura de unos 3 cm de espesor con mezcla de microaglomerado discontinuo tipo M-10 (según la denominación española). Las medidas acústicas, sonido de interacción neumático/pavimento en proximidad, se han llevado a cabo con un remolque con cámara semi-anecoica denominado TiresonicMk4-LA<sup>2</sup>IC. Se han asignado niveles y espectros sonoros a cada tramo de ensayo y han sido comparados con una superficie de referencia que no contiene polvo de caucho. Estos resultados han sido correlacionados con los valores de la textura. Este trabajo presenta el efecto sobre la reducción en la emisión sonora de la adición de polvo de caucho a la mezcla bituminosa discontinua M-10.

## **INTRODUCCIÓN**

Debido a un incremento continuo del tráfico, existe una gran necesidad de desarrollar medidas efectivas para controlar el ruido generado, especialmente en zonas urbanas. Algunas de las medidas más efectivas para mitigar el ruido son reducir la generación sonora en la fuente y aumentar la absorción sonora de dichas emisiones. Una de las principales fuentes de ruido asociado al tráfico rodado a velocidades superiores a los 40 km/h es la interacción de neumático/pavimento. Debido a la importancia de esta fuente de ruido el LA<sup>2</sup>IC y el Laboratorio de Caminos de la UPC están llevando a cabo diferentes estudios sobre la caracterización acústica de superficies de rodadura, sobre los mecanismos involucrados en la generación sonora y en el diseño de nuevas capas de rodadura que generen menor nivel sonoro (Miro R. et al. 2009, Paje S. E. et al. 2007-2009). Este trabajo tiene como objetivo la caracterización acústica de nuevos tipos de pavimentos fabricados con la incorporación de polvo de caucho procedente de neumáticos fuera de uso (N.F.U.) y la influencia del proceso para incorporar dicho caucho a la mezcla; vía húmeda (modificando el ligante) y vía seca (incorporando del polvo de caucho como agregado). Diferentes factores que pueden afectar la generación y la propagación del ruido de rodadura como la macrotextura serán tenidos en cuenta en el análisis de los resultados.

# MEZCLAS Y AUSCULTACIÓN ACÚSTICA

## Mezclas Bituminosas

La zona de ensayo de unos 800 m de longitud está localizada en la carretera B-140 (ver Fig. 1) en Barcelona. Existen cuatro subtramos de alrededor de 200 metros de longitud sobre los que se han extendido diferentes mezclas bituminosas para capas delgadas de tipo discontinuo, BBTM (denominación europea), con granulometría máxima de 10 mm y con diferentes tipos de ligantes: modificado con polímero (PMB), modificado con polvo de caucho incorporado por la vía seca (CRMB), CRMB con 1% de polvo de caucho añadido por vía seca y CRMB con un 2% de polvo de caucho añadido por vía seca. El polvo de caucho utilizado por vía húmeda es de un 9% en peso de ligante y el tamaño del polvo es de 0.8 mm cuando se incorpora por vía seca. Más información sobre las mezclas utilizadas y los diferentes tramos puede encontrarse en: Miro R. et al., 2009.

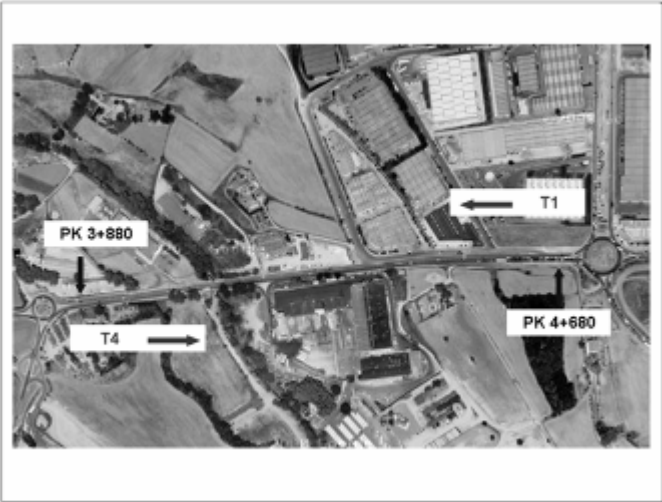


Figura 1: Localización de la zona de ensayo en la B-140

## Auscultación Acústica

Para la auscultación acústica de los diferentes tramos se ha utilizado el remolque denominado TiresonicMk4-LA<sup>2</sup>IC. El remolque está formado por una cámara semi-anecoica en la que se monta un neumático de referencia para la medida del ruido de interacción entre el neumático y el pavimento de forma exclusiva. La Figura 2 muestra el equipo durante una de las medidas en la B-140.

En el interior de la cámara se han situado dos micrófonos a 45° y 135° con respecto a la dirección de desplazamiento y muy próximos al neumático de referencia, todo ello con la finalidad de evaluar las características acústicas de la mezcla en la capa de rodadura. El sonido de interacción neumático/pavimento es medido de manera geo-referenciada mediante la utilización de un sistema de posicionamiento global (GPS). Las coordenadas GPS nos permitirán conocer la trayectoria exacta de la medida y asociar niveles sonoros a cada sección de cada 10 m de carretera.

Las medidas se han realizado a una velocidad de referencia de 50 km/h. Los neumáticos de referencia utilizados en la auscultación son: Avon/cooper ZV1 185/65 R15, Avon/cooper Enviro CR322 185/65 R15 y Pirelli P6000 205/55 R16 V (ver Fig. 3). La presión de inflado



**Figura 2: Remolque TiresonicMK4-LA2IC durante la realización de la auscultación acústica**



**Figura 3: Dibujo de los diferentes neumáticos de referencia utilizados en las medidas de proximidad**

en frío para los neumáticos Avon fue de 170 kPa y de 240 kPa para el neumático de referencia Pirelli. Antes de la medida se ha realizado un calentamiento de los neumáticos durante un intervalo superior a los 10 minutos y una calibración acústica de los equipos.

La Figura 4 muestra un ejemplo de los valores del nivel sonoro de rodadura medido en proximidad,  $L_{CPr}$ , después de la corrección de dichos niveles por velocidad. (ver Paje S. E. et al. 2007). La auscultación acústica presenta una buena reproducibilidad al realizar diferentes medidas, aunque las variaciones del nivel sonoro dentro del mismo tramo de mezcla, y entre mezclas, ponen de manifiesto el diferente estado de conservación o servicio.

Los niveles sonoros  $L_{CPr}$  en bandas de tercio de octava entre 250 Hz y 16 kHz fueron registrados durante la auscultación sonora de cada subtramo. Un ejemplo del valor medio asignado a los diferentes tramos para la velocidad de referencia de 50 km/h se muestra en la Figura 5. Como se puede apreciar el espectro medio muestra una banda pronunciada en alrededor de 800 Hz. Este resultado es típico de todas las mezclas analizadas.

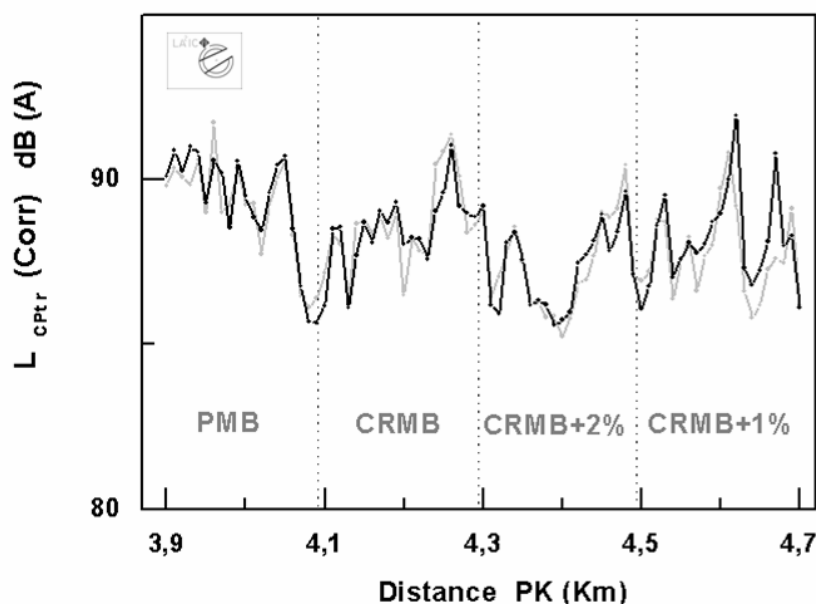


Figura 4: Registro de la auscultación geo-referenciada en la mezcla con polvo de caucho

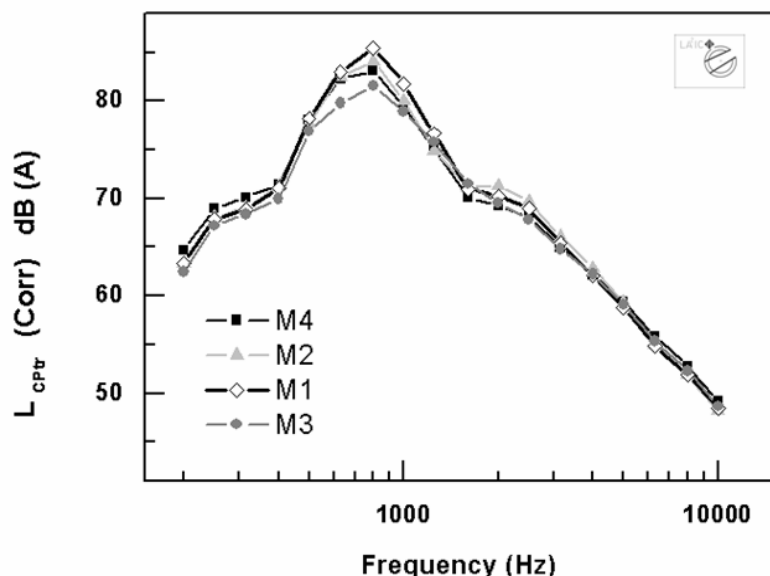


Figura 5: Espectros de los niveles sonoros medios en el tramo de ensayo, LCPtr, registrado a 50 km/h en mezclas BBTM con polvo de caucho. Neumático de referencia Avon ZV1

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De las medidas de auscultación observamos que la evolución de los perfiles del nivel sonoro en los diferentes tramos es similar independientemente del neumático utilizado.

Seleccionando la mezcla denominada PMB como referencia dado que en el tramo de estudio presenta el valor medio  $L_{Cptr}$  más alto, se constata, después de obtener el valor medio del nivel sonoro asociado a cada tramo (mezcla), que el efecto de añadir polvo de caucho por vía seca (CRMB+1% y CRMB+2%) disminuye el nivel sonoro, incrementándose esta reducción con el contenido de polvo de caucho. La incorporación por vía húmeda (CRMB) produce una menor reducción del nivel sonoro.

Los valores medios de los niveles asociados a cada mezcla utilizando los tres neumáticos de referencia (Avon ZV1 and Avon CR 322, Pirelli P6000) a una velocidad de 50 km/h son: PBM, 88.9 dB(A); CRMB, 88.2 dB(A); CRMB+2%, 86.7 dB(A); CRMB+1%, 87.6 dB(A).

Del análisis espectral de los niveles sonoros observamos cómo las bajas frecuencias, asociadas a los mecanismos de impacto y vibración durante la interacción entre el neumático de referencia y el tramo de pavimento analizado, presentan una disminución con la adición del polvo de caucho. Este resultado implicaría que dichos mecanismos se ven reducidos por la adición en las mezclas, fundamentalmente por vía seca, de polvo de caucho.

Por otra parte, con el fin de estudiar la correlación entre el sonido en proximidad y otras características superficiales de las mezclas, medidas de macrotextura fueron llevadas a cabo (Miro R. et al., 2009). El índice Mean Profile Depth (MPD) asociada a cada mezcla presenta una variación de dicho parámetro característico de la superficie de la capa de rodadura paralela a la variación del nivel sonoro en proximidad,  $L_{CPtr}$ . Este resultado nos señalaría que los resultados sonoros muy posiblemente estén, en parte, ligados a la textura de la capa de rodadura. Como pudimos observar las mezclas con mayor cantidad de polvo de caucho presentaban una menor textura en el tramo experimental de la B-140, para una mezcla tipo BBTM.

## CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo es presentar la caracterización acústica de superficies de rodadura con polvo de caucho procedente de neumáticos fuera de uso incorporado por diferentes vías, y la posible influencia de la textura. Los resultados obtenidos muestran que la reducción sonora es más importante en las mezclas en las que el polvo de caucho se incorpora por vía seca (incorporación como agregado); alrededor de 2 dB(A). Estos valores disminuyen a más de la mitad cuando en la mezcla analizada la incorporación del polvo de caucho se realiza por vía húmeda. Por otra parte, la correlación de la macrotextura y los niveles sonoros asociados a la mezcla parecen indicar un incremento de estos últimos con el aumento de la textura.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores de esta investigación agraden al Ministerio de Medioambiente y al de Ciencia e Innovación, la concesión de los Proyectos A292/2007/I-05.2 y DPI2008-06212, respectivamente, dentro del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica.

## REFERENCIAS

- Freitas E., Paulo J., Bento Coelho J.L., Pereira, P. (2008). Towards Noise Classification of Road Pavements. Proc. of EPAM 3, Coimbra, Portugal.
- Miró R., Pérez-Jiménez F., Martínez A. H., Reyes O., Paje S. E. and Bueno M. (2009). Effect of using crumb rubber bituminous mixes on functional characteristics of road pavements. TRB 88th Annual Meeting. TRB:1-12.
- Muñoz Sanz J. (2005). Medición de la Influencia de la superficie de las carreteras en el ruido de rodadura por el método de proximidad (CPX), Publicaciones Técnicas del CEDEX.

- Paje S. E., Bueno M., Viñuela U. and Terán F. (2009). Toward the acoustical characterization of pavements: analysis of the tire/road noise emitted from a porous surface. *Journal of the Acoustical Society of America* Volumen:125 (1), 5-7.
- Paje S. E., Bueno M., Terán F. Viñuela U. and Luong J. (2008). Assessment of Asphalt Concrete Acoustic Performance in Urban Streets. *Journal of the Acoustical Society of America (JASA)* 123 (2).
- Paje S. E., Bueno M., Terán F. and Viñuela U., (2007). Monitoring Road Surfaces by Close Proximity Noise of the Tire/Road Interaction. *Journal of the Acoustical Society of America (JASA)* 122 (5), 2636-2641.